

Cubiertas laminares en cerámica armada: los aportes del ingeniero Guillermo González Zuleta (Colombia, 1947-1962)

Laminate roofing in reinforced ceramic: contributions by the engineer Guillermo González Zuleta (Colombia, 1947-1962)

J. Galindo (*), C. Salazar (*), L. Henao (*)

RESUMEN

Al término de la primera mitad del siglo XX se presentaron en América Latina las primeras aplicaciones de la técnica de la cerámica armada en la construcción de estructuras laminares, como parte de un proceso de búsqueda de soluciones constructivas de bajo costo y alta eficiencia estructural. Se parte de considerar que a la bien reconocida obra del uruguayo Eladio Dieste se debe sumar, entre otras, la del ingeniero colombiano Guillermo González Zuleta, quien de manera independiente diseñó en su país numerosas cubiertas a partir de esta técnica, que en su gran mayoría han demostrado óptimas condiciones de estabilidad y durabilidad. Este artículo presenta algunos de los más importantes proyectos desarrollados por González Zuleta y analiza las soluciones y detalles que él concibió, a partir de una metodología que combina la inspección visual y la lectura de planos originales.

Palabras clave: bóvedas membrana, láminas plegadas, cerámica armada, diseño estructural.

ABSTRACT

By mid-20th century, Latin America witnessed the first applications of the reinforced ceramic technique in building laminate structures, as part of a process that sought constructive solutions at a low price yet with high structural efficiency. Starting off from considering the well-known works of the Uruguayan Eladio Dieste and moving on to also take into account those of the Colombian engineer Guillermo González Zuleta, who back in his home country independently designed numerous roofs using this technique, most of which have proven to provide optimal stability and durability features. This article presents some of the more relevant projects completed by González and analyses the solutions and details he conceived, based on a methodology that combines visual inspection and reading the original drawings.

Keywords: Thin shells, folded plate shells, reinforced ceramic, structural design.

(*) Universidad Nacional de Colombia (Colombia).

Persona de contacto/Corresponding author: jagalindod@unal.edu.co (J. Galindo)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8407-8347> (J. Galindo); <http://orcid.org/0000-0003-4088-8780> (C. Salazar); <http://orcid.org/0000-0002-1049-6906> (L. Henao)

Cómo citar este artículo/Citation: J. Galindo, C. Salazar, L. Henao (2018). Cubiertas laminares en cerámica armada: los aportes del ingeniero Guillermo González Zuleta (Colombia, 1947-1962). *Informes de la Construcción*, 70(551): e270. <https://doi.org/10.3989/ic.60713>

Copyright: © 2018 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 31/10/2017
Aceptado/Accepted: 27/02/2018
Publicado on-line/Published on-line: 14/09/2018

1. INTRODUCCIÓN

Si bien la historiografía de la arquitectura y la ingeniería asocian el inicio de la construcción de membranas en cerámica armada con el diseño estructural que el ingeniero uruguayo Eladio Dieste elaborase para la casa Berlingieri (1947) en Punta Ballena, del arquitecto Antonio Bonet (1) (2) (3), su aplicación -al menos en el contexto latinoamericano- no puede inscribirse exclusivamente a los proyectos que él desarrolló con enorme calidad constructiva y originalidad espacial a partir de 1955, cuando concibió las bóvedas cilíndricas para las bodegas de ANCAP en Montevideo, proyecto al que se sumarán en el curso de los años la iglesia del Cristo Obrero (1958-60) en Atlántida, la Factoría TEM S.A. (1960) en Montevideo, el Depósito Julio Herrera y Obes (1979) también en Montevideo y la Terminal Municipal de Ómnibus (1973) en Salto, además de muchos otros.

Investigaciones recientes (4) (5) (6) han empezado a reconocer el papel que tuvieron en el desarrollo de esta técnica, de manera independiente aunque con logros similares, otras figuras como la del colombiano Guillermo González Zuleta, quien adelantó una muy extensa labor en el campo del diseño estructural prácticamente desde el momento en que recibió su título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Colombia en 1940 (figura 1). Y aunque su labor profesional fue extensa (trabajó hasta su fallecimiento, acontecido en 1995), y abarcó muy diversos campos propios de su profesión (diseño de puentes, carreteras, sistemas de alcantarillado, estructuras para residencias y edificios en altura, entre otros), fue en el ámbito de las cubiertas laminares en donde pudo desarrollar un trabajo de naturaleza experimental hasta alcanzar una singular notoriedad en el contexto local gracias al uso de la técnica constructiva de la cerámica armada.

Buena parte de los proyectos que González Zuleta adelantó entre 1947 y 1962 estuvieron influenciados por la obra de Eduardo Torroja y Pier Luigi Nervi, a quienes de seguro conoció a través su profesor en la Universidad Nacional, el ingeniero de caminos de origen español Enrique García-Reyes Seoane, exiliado en Colombia desde 1937 quien fuera condiscípulo y temprano asociado del primero. Entre esos proyectos se cuentan cubiertas para residencias, escenarios deportivos,



Figura 1. El ingeniero Guillermo González Zuleta.
Fuente: archivo de la familia González.

iglesias, mercados, estaciones de autobuses, teatros y salas de cine, siempre en sociedad -que más debería entenderse como complicidad- con arquitectos locales, algunos de ellos formados en universidades de Estados Unidos y Europa.

En conjunto, su legado puede entenderse como el resultado de una labor de búsqueda estructural orientada a construir -con recursos locales y a bajo costo-, bóvedas membrana aisladas o en serie, de simple o doble curvatura e incluso plegaduras, capaces de cubrir espacios de grandes y medianas luces, tal como se expone en el desarrollo de este artículo, orientado a revalorizar los aportes del ingeniero González Zuleta a la técnica constructiva.

2. PRIMERAS CUBIERTAS LAMINARES EN COLOMBIA

El diseño y construcción de las primeras cubiertas laminares en Colombia bien pueden atribuirse al arquitecto alemán Leopoldo Rother, quien en 1939 logró que se llevara a término su proyecto para el estadio Alfonso López Pumarejo dentro del naciente campus de la Universidad Nacional de Colombia, donde las tribunas se cubrían con una delgada placa plana de hormigón soportada sobre vigas descolgadas por la cara inferior. Se desconoce sin embargo si la placa incorporaba algún tipo de sistema de aligeramiento.

En 1946, estando al servicio de la Dirección de Edificios Nacionales, entidad adscrita al Ministerio de Obras Públicas, Rother diseñó el Mercado de Girardot, en donde se construirán las que probablemente sean las primeras bóvedas de membrana en el país. En este proyecto, terminado en 1954, sus 198 cáscaras de 7 m de largo, 2,5 m de ancho y solo 5 cm de espesor, cubrían el espacio destinado a los comerciantes, protegiéndolos de un calor inclemente mediante una extensa superficie de sombra mientras el aire circulaba libremente por un espacio prácticamente carente de cerramientos (figura 2).

Para esa época, el cálculo de membranas era empírico (7) y los hormigones producidos con cementos colombianos fraguaban muy lentamente (6), por lo que el equipo técnico a cargo del proyecto liderado por el ingeniero José Antonio Parra y del cual hacía parte Guillermo González Zuleta, optó por construir modelos a escala real de las membranas, pero aligeradas con ladrillo común, siendo la solución técnica finalmente aceptada.

Un año más tarde, desde ese mismo despacho oficial se hicieron los diseños para el estadio de béisbol «11 de Noviembre», concebido como parte de un centro deportivo en la ciudad de Cartagena de Indias. Fueron sus arquitectos Edgar Burbano (Universidad Nacional de Colombia, 1945), Álvaro Ortega (McGill University, 1944), Gabriel Solano (University of Pennsylvania, 1944 y Harvard University, 1945) y Jorge Gaitán Cortés (Yale University, 1944), siendo designado González Zuleta como el ingeniero a cargo de los diseños estructurales.

El conjunto del estadio incluía tres tribunas dispuestas en una de las esquinas del diamante. Solo la tribuna central estaba techada: ocho pórticos curvados en forma de «C», apoyados sobre dos columnas y separados entre sí por 10,75 m de luz, formaban la estructura, que soportaba tanto la gradería como la cubierta. El voladizo de cada pórtico alcanzaba los 19



Figura 2. Vista actual del Mercado de Girardot. Nótese la serie de bovedillas descolgadas de la llamada «viga laminar» o «viga invisible» que a su vez se apoya en pilares dispuestos en forma de «V». Fuente: propia.

m de luz. Por su parte, cada una de las 8 membranas que formaban la cubierta alcanzaba los 5 cm de espesor y adoptaban la forma de una parábola (8).

Los planos del proyecto dejan ver que las membranas que González Zuleta diseñó estaban construidas a partir de un entramado de nervaduras macizas de hormigón de 8 cm de espesor y reforzadas con varillas de hierro de $\frac{1}{4}$ " de tal manera que los espacios residuales entre ellas podían completarse con uno de los dos sistemas de aligeramiento propuestos: casetones de madera que se retirarían después del fraguado del hormigón marcando una clara textura en forma de cuadrícula

en la cara inferior de las membranas, o ladrillos cerámicos que deberían quedar embebidos en la estructura. Si bien la primera alternativa era más costosa, fue la que finalmente se adoptó, dejando de lado la segunda, más económica pero también de carácter más experimental (figura 3).

3. PROYECTOS EXPLORATORIOS A CARGO DE GUILLERMO GONZÁLEZ ZULETA

A partir de 1950, desvinculado de la Dirección de Edificios Nacionales y en el campo del libre ejercicio como ingeniero civil, González Zuleta trabajó junto a varios arquitectos afin-

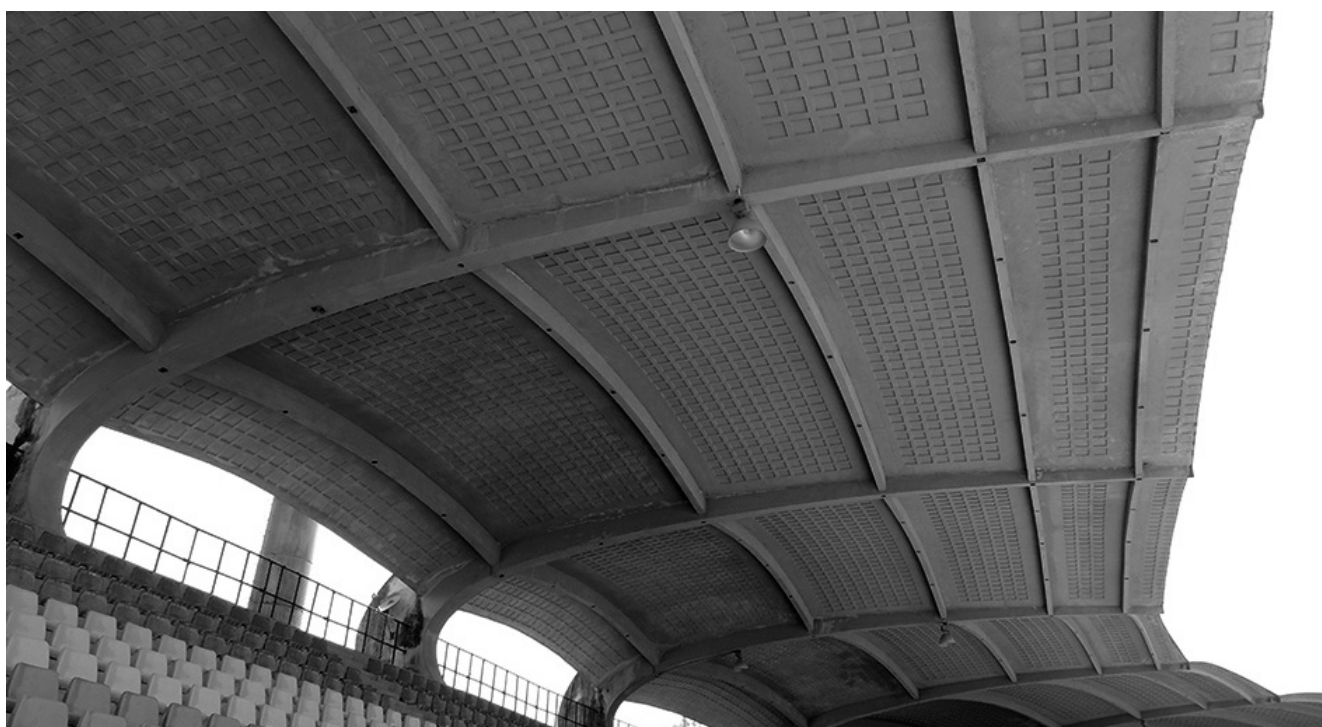


Figura 3. Vista actual de algunas de las membranas del estadio de béisbol de Cartagena de Indias donde se aprecia el acabado del intradós. Fuente: propia.

cados tanto en Bogotá como en otras ciudades del país y no cumpliendo con una labor de mero calculista estructural sino actuando como un auténtico co-partícipe de los diseños y de los procesos de ejecución y puesta en obra. Entonces, el país vivía difíciles momentos políticos a la vez que afrontaba importantes retos económicos orientados a fomentar el comercio y la industria nacional, factores que sin duda, obligaban a los arquitectos e ingenieros colombianos a buscar alternativas técnicas que permitieran construcciones baratas y capaces de absorber la mano de obra no cualificada que llegaba desde el campo a las ciudades.

A continuación se presenta un recuento de los proyectos más destacados de Guillermo González Zuleta en donde se puso en práctica la técnica de la cerámica armada como recurso en la construcción de estructuras de cubierta, organizado a partir de sus condiciones geométricas.

3.1. Cubiertas con membranas de simple curvatura

El primer proyecto en donde González Zuleta empleará ya de manera clara y decidida la cerámica armada como recurso constructivo para la ejecución de membranas de simple curvatura será en la iglesia de La Candelaria (1952) en Cúcuta, diseño del arquitecto Juvenal Moya Cadena (Universidad Nacional de Colombia, 1947 y Academia de Arte de Cranbrook, Michigan, 1951).

El templo se resuelve a partir de una planta rectangular cubierta con tres membranas de perfil parabólico y altura creciente, que arrancan a un mismo nivel desde el piso, precedidas de una marquesina de hormigón que descansa ligeramente sobre pilotes. La menor de las membranas tiene 18

m de luz y 10 m de altura; la membrana intermedia alcanza los 20 m de luz y los 15 m de altura en tanto que la membrana más alta cubre 22 m de luz y logra los 20 m de altura; todas poseen un espesor de 5 cm que se obtiene mediante un entramado de viguetillas (de 10 cm de ancho) en hormigón armado (cada una con cuatro varillas redondas de acero de $\frac{1}{4}$ ") de tal manera que entre ellas se disponen ladrillos de arcilla de 23 cm de ancho y 38 cm de largo (figura 4).

En el proyecto de la iglesia de Cúcuta, resulta interesante desde el punto de vista espacial, la textura del intradós en donde se lee claramente la naturaleza cerámica de las membranas revelando su condición constructiva (figura 5). Se trata de una solución que extrañamente González Zuleta no pondrá en práctica en otros proyectos que adelantó con Juvenal Moya (hasta la prematura muerte de este último) entre los que se cuentan la iglesia de María Reina –o Fátima– (1952) en Bogotá, la capilla de los Santos Apóstoles (1953) perteneciente al Gimnasio Moderno en Bogotá, la iglesia de Los Dolores (1955) en Pereira y la capilla de Nuestra Señora de La Luz situada al interior del Liceo Femenino Mercedes Nariño (1957), también en Bogotá.

A diferencia de Dieste, quien empleaba refuerzos de acero en las juntas de mortero de las piezas cerámicas (usando en ocasiones unidades diseñadas especialmente para ello), González Zuleta convierte la junta en una viguetilla de poco espesor que le permite usar un ladrillo basto, de producción artesanal, alta porosidad y poco peso propio, con un valor comercial muy bajo y cuyo manejo era bien conocido por la mano de obra local. La impermeabilización se resuelve, en este caso, con un enlucido de mortero aplicado sobre la cara exterior de la membrana, aparentando ser una estructura «en hormi-



Figura 4. Vista exterior de la la iglesia de La Candelaria, Cúcuta. Fuente: propia.

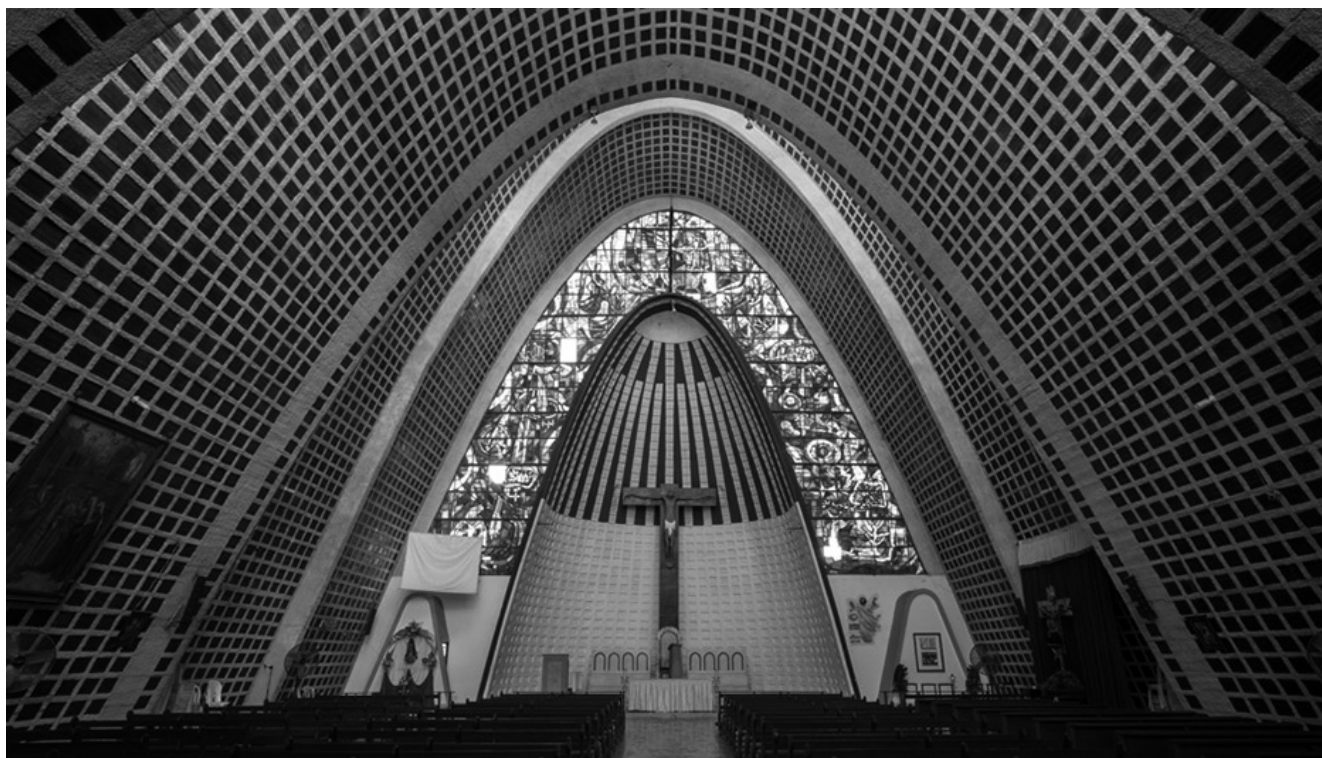


Figura 5. Vista interior de la la iglesia de La Candelaria, Cúcuta. Fuente: propia.

gón», en coherencia con los aires de modernidad constructiva que promocionaban las publicaciones internacionales.

Será en otro proyecto religioso, también concebido a partir de membranas de curvatura simple, aunque esta vez en compañía del arquitecto Jorge Gaitán Cortés, donde González Zuleta explorará con mayor vehemencia las posibilidades técnicas y espaciales de la cerámica armada. Así, en el diseño de la iglesia de San Cristóbal (1954) –situada en un humilde barrio de Bogotá–, ambos profesionales hacen uso del llamado «ladrillo sombrero» (9), una pieza de arcilla de planta cuadrada de 25 x 25 cm y 1” de espesor de cuyo centro se desprendía un tronco de cono hueco de 5 cm de altura de tal manera que entre los valles que se formaban al unirse unos junto a otros

se disponía una doble armadura de barras de acero de 3/8” de diámetro, obteniendo así un espesor de membrana de tan solo 7,5 cm (figura 6).

Los bordes de las membranas se reforzaban con una vigueta de sección rectangular de 25 cm de altura y 12 cm de ancho armada a partir de los extremos de las barras de la membrana. Los ladrillos actuaban como encofrado perdido, sin junta a la vista, creando una textura rica y visible desde el espacio interior (figura 7). Las mismas piezas cerámicas ya habían sido empleadas por Gaitán Cortés –propietario de la ladrillera en donde se fabricaban los «sombreros»– en las cubiertas de su residencia familiar, construida con la ayuda de maestros de obra catalanes.

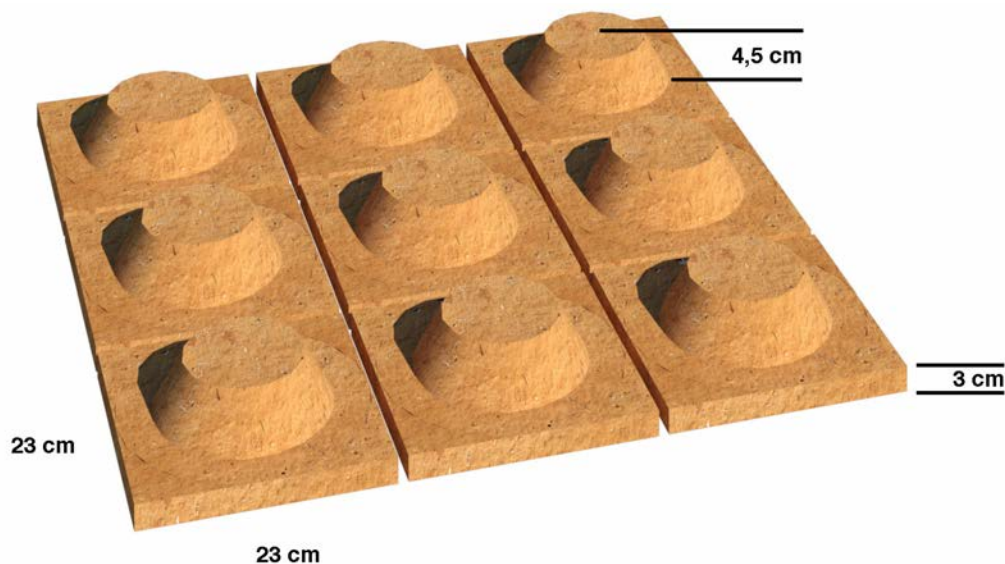


Figura 6. Detalle del «ladrillo sombrero» empleado en las membranas de la iglesia San Cristóbal. Fuente: elaboración propia.

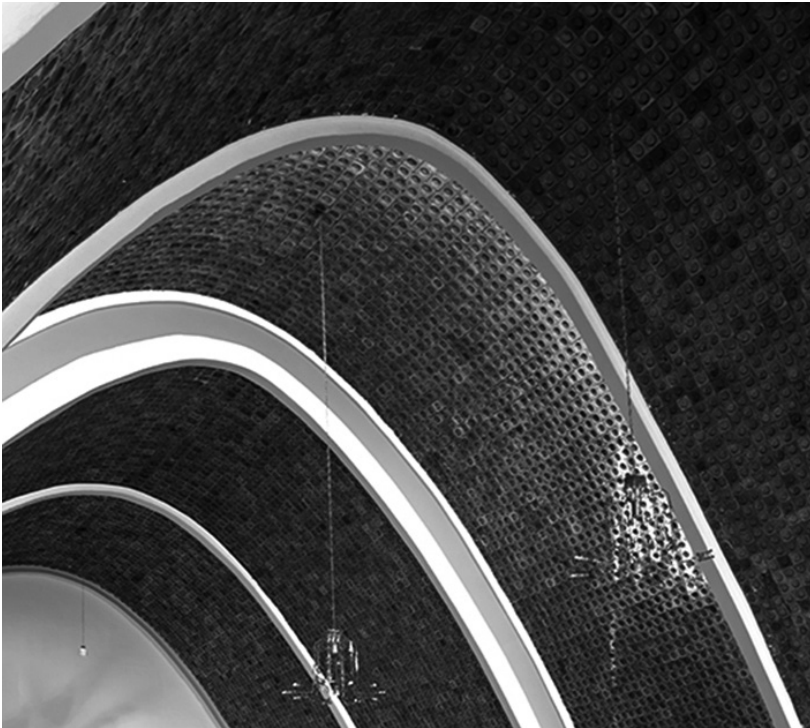


Figura 7. Vista interior de la iglesia de San Cristóbal, Bogotá. Fuente: propia.

Otros proyectos que contaron con la participación de González Zuleta como diseñador estructural y en donde se emplearon membranas de simple curvatura fueron: la residencia para el arquitecto Bruno Violi (1950) en Bogotá, las cubiertas para el Centro Cívico de Barranquilla (1955) del arquitec-

to Leopoldo Rother y la iglesia de Fátima (1950) en Medellín del arquitecto Antonio Mesa, esta última de naturaleza similar a las que diseñara junto a Juvenal Moya.

3.2. Cubiertas a partir de series de membranas

Como resultado de la experiencia adquirida en el diseño de las cubiertas del Mercado de Girardot, González Zuleta replicará las cubiertas concebidas a partir de series de membrana de simple curvatura en varios proyectos de diversa índole. Formalmente la ventaja del sistema estaba en que la viga de soporte (apoyada a su vez sobre pilares) discurría por el estradós de las bovedillas de tal manera que estas parecían flotar sobre el espacio abierto, por lo general libre de muros de cerramiento. Esta viga se denominó entre los profesionales de la época «viga invisible» o «viga laminar» (10).

El proyecto más importante de esta naturaleza fue una estación para autobuses (1950-53) en Bogotá, conformado por una serie de edificios independientes organizados en torno al patio de estacionamientos y maniobras. La cubierta más importante era la que cubría el área de los talleres y estaba formada por 3 bóvedas alineadas sobre su eje más largo, de 24 m de longitud y 16 m de luz, sostenidas por arcos atirantados que a su vez se apoyaban en columnas de sección circular de 30 cm de diámetro. Las tres bóvedas,

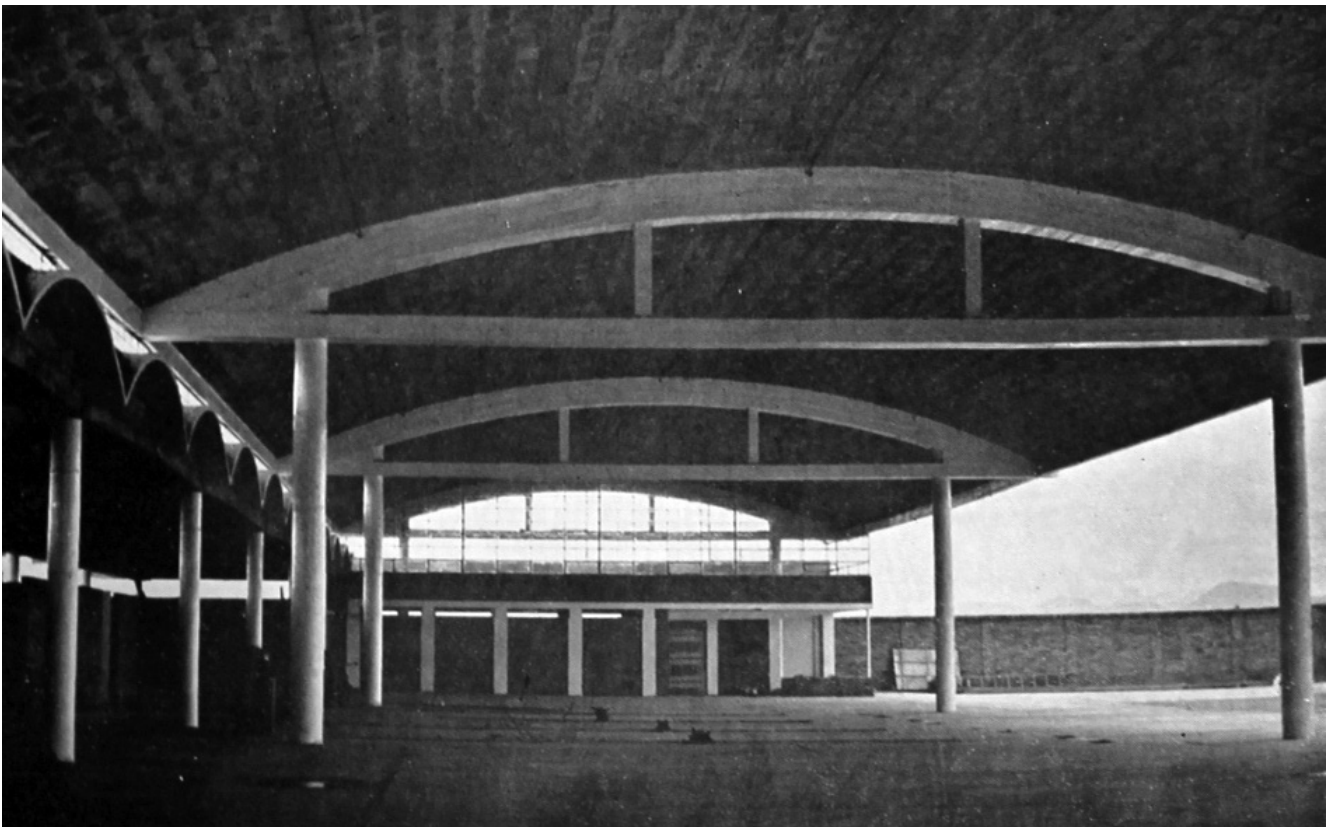


Figura 8. Vista de las 3 bóvedas alineadas, apoyadas sobre arcos atirantados en la estación de autobuses en Bogotá; a la derecha, serie de 14 bovedillas. Fuente: archivo particular.

iguales y continuas, tenían una flecha de 2 m de altura. Junto a ellas, pero en sentido perpendicular, se situaba un conjunto de 14 bovedillas de menor altura, de 4,8 m de ancho y 8 m de luz (figura 8).

Separadamente se encontraban dos áreas independientes, cubiertas también por bóvedas en cerámica armada. El área destinada a las bombas estaba cubierta con 4 membranas de 4,8 m de ancho y 21,2 m de luz que se desprendían de dos vigas de hormigón dispuestas en paralelo las cuales se apoyaban a su vez en 4 columnas, también de sección circular. Igual disposición adoptaban las 6 membranas del área de lavado y engrase, logrando que el conjunto brindara una sensación de transparencia y liviandad gracias a que los muros de cierre se levantaban sin llegar a alcanzar el borde inferior de las cáscaras.

En este proyecto las luces transversales eran modestas, lo que hacía que los moldes deslizables fuesen livianos y baratos. La construcción de las bóvedas se hizo de tal manera que en las juntas (de 10 y 12 cm de espesor) entre los ladrillos (de 38 x 23 cm), se situó la armadura formada por 4 barras de acero de 3/8" para que pudieran trabajar cuando el hormigón hubiese endurecido totalmente. En los valles de las bóvedas los empujes se neutralizaban de tal manera que en ese punto se reforzaban con 4 barras de 1/4" embebidas en hormigón.

El edificio no solo llegó a ser incluido en la muestra de arquitectura latinoamericana que se hiciera para el Museo de Arte Moderno de Nueva York en 1955 (11), sino que sirvió de ejemplo para ilustrar artículos sobre bóvedas membrana como el que se publicó en la revista *Architectural Forum* (12), en el que se reseñaban importantes proyectos de todo el mundo construidos mediante estructuras laminares, a manera de resumen del evento académico que sobre el tema había organizado el MIT, en Boston, en junio de 1954. Lamentablemente el edificio fue demolido en su totalidad a finales de la década de los años 70.

El sistema de cubierta resultó tan barato y fácil en su ejecución que fue de nuevo reproducido en la solución para el Hipódromo de Techo (1952-53), en Bogotá, del arquitecto Álvaro Hermida, así como en el estadio La Libertad (1954) en Pasto, del arquitecto Carlos Santacruz y la sede comercial de la casa Volkswagen (1955) en Bogotá, del arquitecto Bruno Violi, todos aún en pie y en servicio.

3.3. Cubiertas con membrana de doble curvatura

La versatilidad de los diseños de González Zuleta en cerámica armada quedará demostrada en algunos proyectos de cubiertas de doble curvatura, a su cargo, siendo el primero de ellos el de la capilla Santo Tomás de Aquino (1952) en predios de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, diseñada por

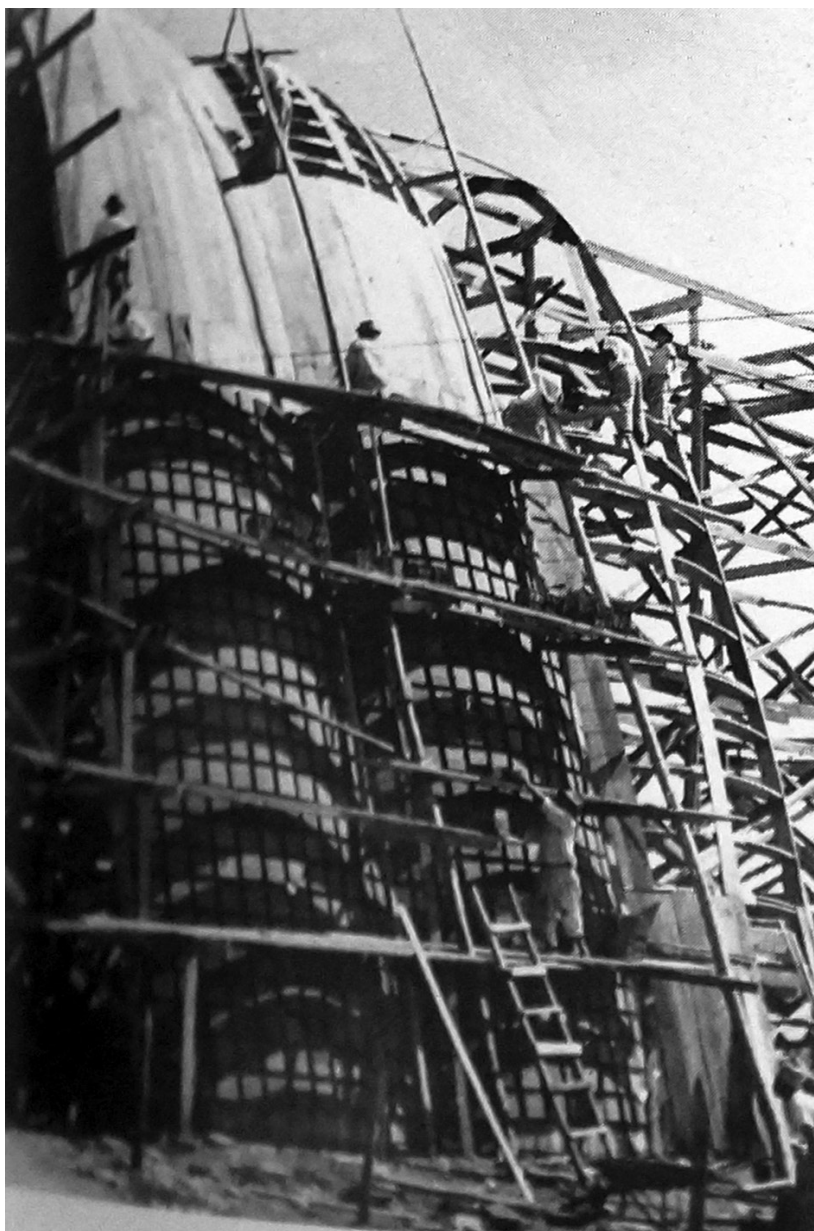


Figura 9. Capilla de Santo Tomás de Aquino, Medellín, en construcción. Fuente: archivo particular.

el arquitecto Antonio Mesa Jaramillo. Su interés se centra en las bóvedas cilíndricas de perfil parabólico construidas enteramente en cerámica armada y siguiendo el modelo formal, aunque a menor escala, de los hangares de Orly (1926-28) de E. Freyssinet (figura 9).

De mayor envergadura fue el proyecto de 15 membranas de doble curvatura, cada una de las cuales alcanzaba 302 m² de superficie, empleadas en la cubierta de la tribuna oriental del estadio Pascual Guerrero (1954) en Cali, del arquitecto Jorge Gaitán Cortés. Su espesor era de apenas 6 cm y se construyeron mediante viguetillas de hormigón de 10 cm de ancho reforzadas con 4 barras de acero de 3/8" entre las que se situaron ladrillos huecos de 23 x 38 cm, reproduciendo las lecciones aprendidas en el diseño de capillas y otros edificios de menor envergadura (figura 10).

Como en el estadio de béisbol de Cartagena de Indias, cada membrana tenía un trazado parabólico en su sentido

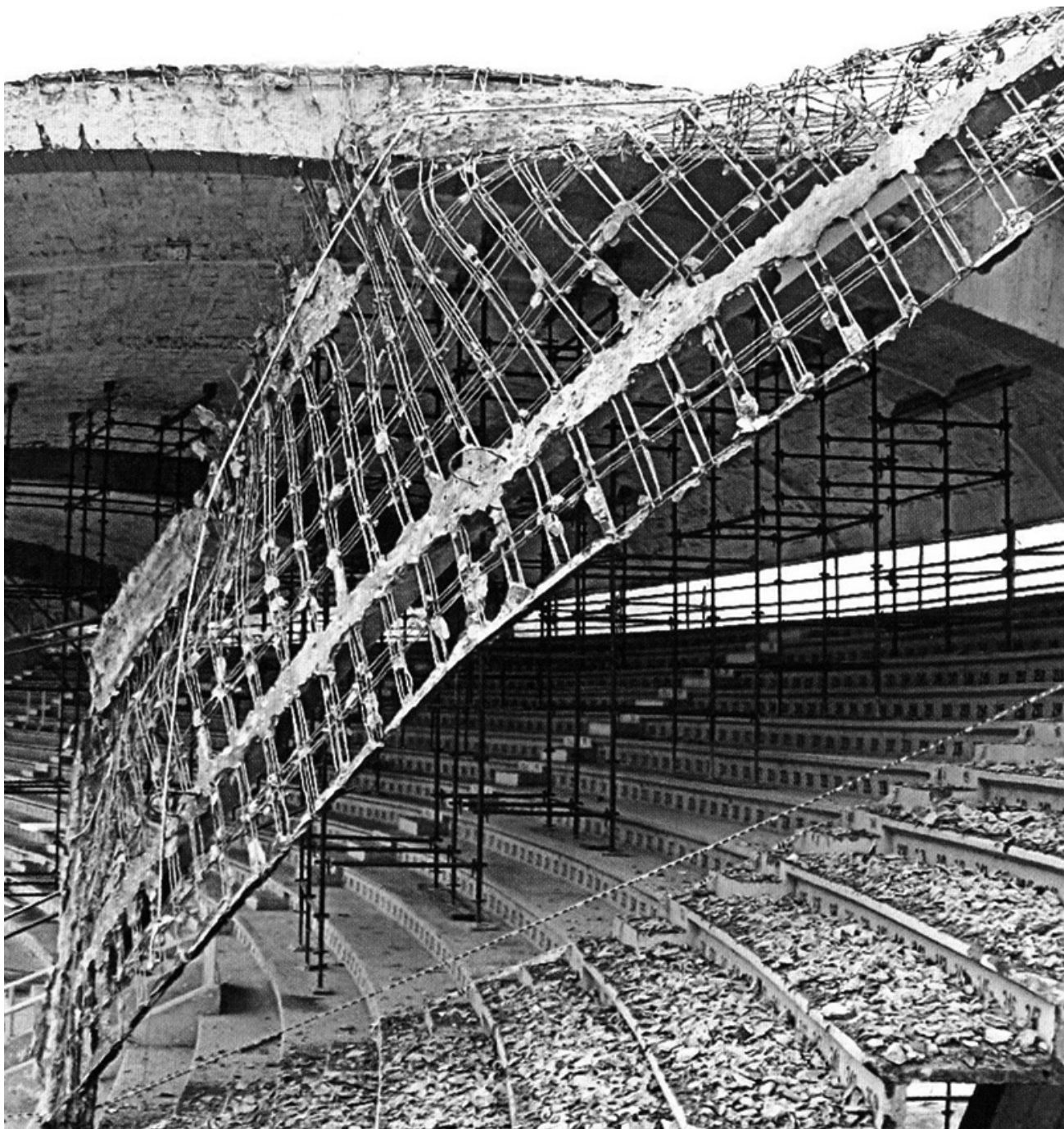


Figura 10. Membranas demolidas de la cubierta de la tribuna oriental del estadio Pascual Guerrero. Fuente: archivo particular.

más largo y uno circular en el sentido más corto, quedando apoyadas en los nervios que resultaban de la prolongación de los pórticos de las tribunas y rigidizadas transversalmente por arcos de menor sección. La cubierta fue demolida en 2007 y reemplazada por una estructura metálica y un textil.

Un año más tarde, González Zuleta diseñó para los arquitectos Roberto Rodríguez y Francisco Pizano (egresados ambos de la Universidad de Michigan, en Ann Arbor) la cubierta con forma de «bóveda de pañuelo» para el Mercado Rayo (1955) en Bogotá, siguiendo el patrón formal de la Fábrica de Caucho en Brynmawr diseñada en 1951 por Cooperative Partnership y la firma de ingenieros Ove Arup & Partners

(figura 11). La bóveda colombiana alcanzaba los 5 cm de espesor y se apoyaba sobre cuatro columnas inclinadas de sección plegada, separadas entre sí por una distancia de 22,5 m dejando un gran espacio libre para desarrollar el área de ventas. Fue construida enteramente en cerámica armada, siguiendo las técnicas constructivas desarrolladas por González Zuleta.

También de doble curvatura, será la cubierta para el teatro La Comedia (1951-53) en Bogotá, donde se empleó de nuevo el llamado «ladrillo sombrero» como solución constructiva. Igual respuesta se adoptó para la construcción de una bóveda membrana de una sala de cine en Girardot (1953), de planta trapezoidal.



Figura 11. Cubierta para el Mercado Rayo, en Bogotá. Fuente: archivo particular.

3.4. Plegaduras

El auge internacional de las estructuras plegadas de hormigón bien puede situarse en los años de la posguerra, siendo empleadas en cubiertas para edificios industriales y depósitos, principalmente. Su popularización tanto en Estados Unidos como en Europa suele asociarse a ventajas de natu-

raleza constructiva (economía en los encofrados, por ejemplo) y métodos de cálculo simplificados (13). En Colombia, su uso experimentó las mismas limitaciones que las membranas de hormigón de tal manera que los ejemplos referenciados en la historia de su arquitectura son prácticamente nulos hasta antes de 1960 cuando se dieron al servicio las cubiertas plegadas y pretensadas del Centro Comercial El



Figura 12. Vista exterior del coliseo Humberto Perea, en Barranquilla. Por el intradós de los bordes en voladizo de las plegaduras puede apreciarse la cerámica armada a la vista. Fuente: colección particular.

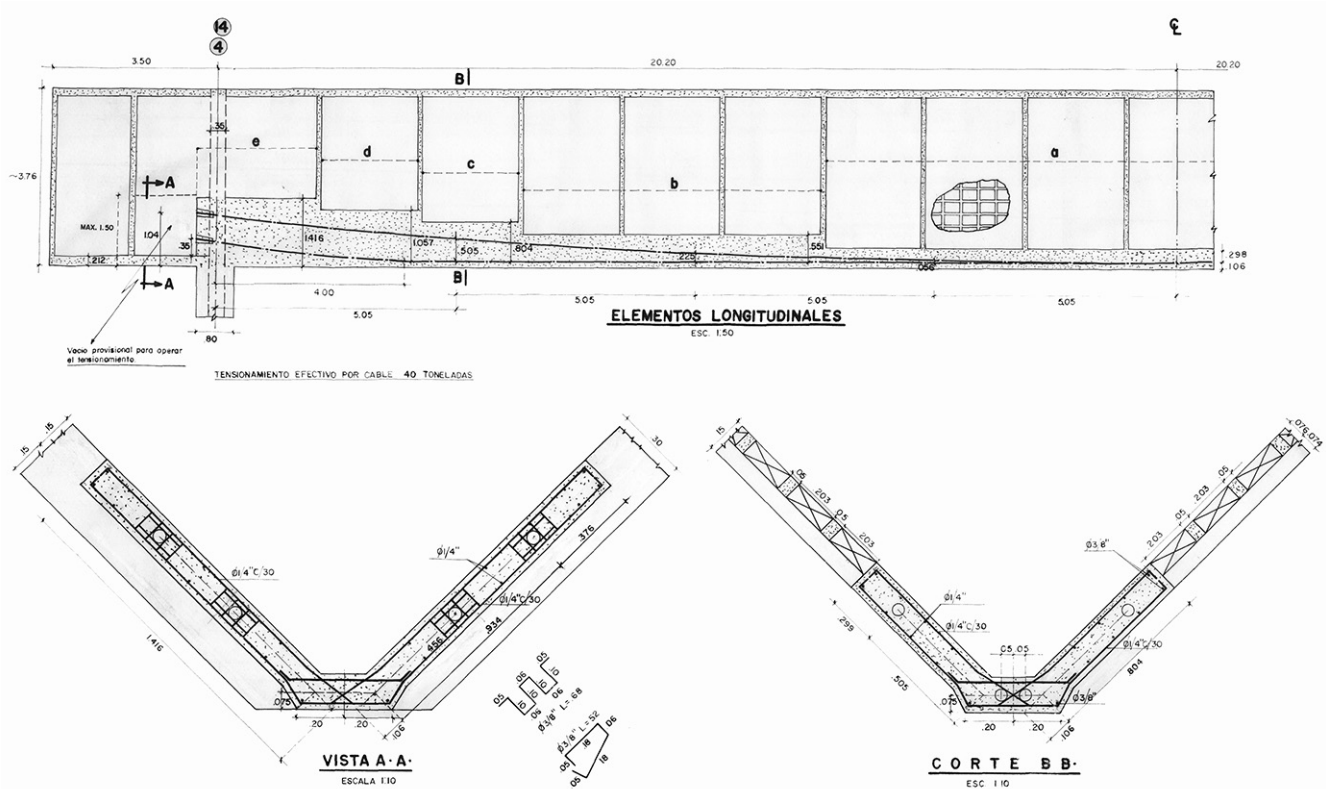


Figura 13. Detalle estructural de las plegaduras del coliseo de Barranquilla. Fuente: Archivo de Bogotá, Fondo Guillermo González Zuleta.

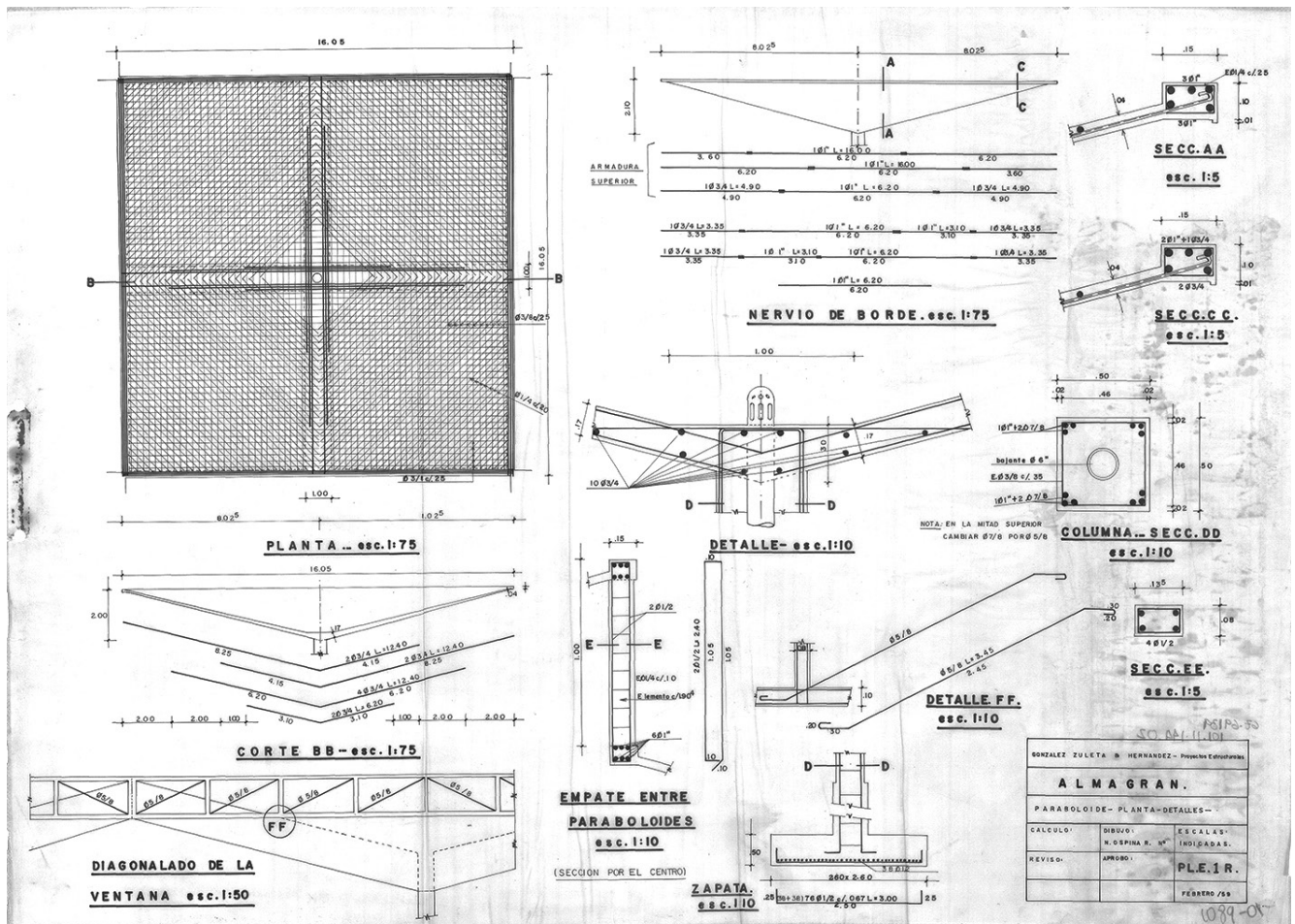


Figura 14. Detalle estructural de las estructuras tipo paraguas para bodegas Almagrán. Fuente: Archivo de Bogotá, Fondo Guillermo González Zuleta.



Figura 15. Cubierta de remate del edificio para el Banco Cafetero, en Barranquilla. Fuente: propia.

Chicó, en Bogotá, de 13 m de luz y 5 cm de espesor, construidas por la firma Sigma a partir de un proyecto de Valenzuela & Roca Ltda.

Es posible entonces que ante las limitaciones aún existentes para entonces, impuestas por la calidad y uso del hormigón, González Zuleta decidiera diseñar un sistema de plegaduras en cerámica armada como solución para la cubierta del coliseo Hernando Perea (1960-63), en Barranquilla. Se trataba de un conjunto de 18 plegaduras que, consecuentemente con la sección de las graderías y el área deportiva, se distribuían en un primer conjunto de 6 que se situaban sobre el área central apoyadas en vigas horizontales, en tanto que otros dos conjuntos independientes, cada uno de 6 plegaduras, se apoyaba sobre vigas inclinadas convergentes hacia dicha zona (figura 12).

Desde el punto de vista constructivo, cada plegadura tenía 40,4 m de luz con dos voladizos extremos, cada uno de 3,5 de longitud. La abertura de cada una alcanzaba los 5,4 m, su altura era de 2,7 m y estaban delimitadas por sendos cordones superior e inferior, ambos en hormigón armado. Por cada cordón inferior corrían 2 cables pretensados a 40 Tn. El alma de cada plegadura estaba conformado por un entramado de viguetillas de 5 cm de ancho y 7,5 cm de altura que enmarcaban ladrillos huecos de aligeramiento de 30 x 20 cm en planta quedando a la vista desde el interior (figura 13). El escenario deportivo fue cerrado al público en 2008 y demolido mediante implosión controlada en 2016.

Con una idéntica solución constructiva, aunque de menores dimensiones, González Zuleta resolvió la cubierta del teatro Amira de la Rosa (1963), también en Barranquilla y varios años más tarde diseñará las plegaduras acodadas del aeropuerto Palmaseca (1969), en Cali, pero esta vez haciendo uso enteramente del hormigón armado.

4. CONCLUSIÓN: EL LENTO TRÁNSITO HACIA LAS CUBIERTAS LAMINARES DE HORMIGÓN ARMADO

Para 1965 las condiciones de los cementos colombianos habían mejorado notablemente, así como las técnicas de mezclado e inyectado de hormigones, a lo que se sumaba el dominio de los principios de las estructuras pre y postensadas. Empezaba entonces a ser posible iniciar un tránsito hacia cubiertas laminares de concreto reforzado.

De hecho, hasta antes de ese año, en Colombia se contaban ya algunos tímidos intentos en la construcción de membranas de hormigón armado (6), destacándose de manera particular los proyectos liderados por el arquitecto Álvaro Ortega, quien fuera amigo cercano y socio empresarial de González Zuleta en varias experiencias constructivas. Sus membranas construidas mediante la técnica del «concreto al vacío», con franquicia de la firma norteamericana Vacuum Concrete Corporation of Philadelphia, se emplearon para cubrir soluciones habitacionales de bajo costo así como algunas naves industriales, todas en Bogotá.

Pero a pesar del carácter innovador de las obras de Ortega, construidas en su mayoría entre 1952 y 1956, el éxito comercial fue escaso y su empresa se vio en la obligación de cerrar a los pocos años de competir en el mercado colombiano. Al parecer, la incipiente industria de la construcción no estaba preparada para asimilar su trabajo que abogaba de manera clara por la prefabricación y la industrialización de un sector dominado por una mano de obra altamente artesanal.

Otras experiencias interesantes se pueden situar en torno a 1958, cuando el ingeniero italiano Doménico Parma diseñó la cubierta de la sala de lectura de la biblioteca Luis Ángel Arango, en Bogotá, la que fuera por muchos años la más grande de las bóvedas semiesféricas en el país: con 28 m de luz, consta de una estructura reticular de casetones de planta cuadrada de 1,40 m de lado, huecos algunos de ellos, de tal manera que permiten la iluminación natural del espacio. Sin embargo, la bóveda era gruesa pues alcanzaba los 50 cm de espesor por lo que más que una estructura laminar podría ser considerada como un forjado abovedado.

De manera simultánea, en otras ciudades del país se daba inicio a interesantes construcciones diseñadas a partir de cubiertas laminares de hormigón armado, entre las que se destacan el aeropuerto Olaya Herrera (1957) en Medellín, del arquitecto Elías Zapata, o el mercado de Buga (1960), en cercanías de Cali, del arquitecto Diego Salcedo.

Bajo la fuerte influencia de la obra de Félix Candela (quien visitó a Colombia en varias ocasiones a partir de 1956) y con quien establecería un prolongado contacto epistolar (14), González Zuleta decidió hacer sus primeras incursiones en el diseño de cubiertas en hormigón armado a partir de 1959 cuando concibió un sistema de paraguas hiperbólicos a la

manera del primero para las bodegas de Almagrán en la ciudad de Yumbo, de planta cuadrada de 16,05 m de lado apoyados sobre un pilar único de sección ortogonal de 50 x 50 cm y un espesor de membrana de 4 cm con una alta densidad de armaduras (figura 14).

Como manifestación del dominio del diseño de membranas en hormigón armado, González Zuleta proyectará un

año más tarde la cubierta del edificio del Banco Cafetero (1960) de Barranquilla, diseñado por la firma Cornelissen Salzedo & Cía. Se trata aquí de una lámina de doble curvatura que forma una bóveda por arista con bordes curvos y que remata un edificio de mediana altura (figura 15), construida precisamente en un momento en que empezaba el declive de las estructuras laminares en América y el resto del mundo (15).

REFERENCIAS

- (1) Anderson, S. (2004). *Eladio Dieste. Innovation in Structural Art*. New York: Princenton Architectural Press.
- (2) Cabeza, J.M., Jiménez, J.R., Sánchez-Montañés, B., Pérez, J.I. (2009). The key-role of Eladio Dieste, Spain and the Americas in the Evolution from Brick work to Architectural Form. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 8(2): 355-362.
- (3) Marín, A.M., Trallero, A. (2005, 27-29 de enero). El nacimiento de la cerámica armada. En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pp. 707-715). Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM.
- (4) López, D., Van Mele, T., Block, P. (2016, 13-15 de septiembre). Dieste, González Zuleta and Sánchez del Río: Three approaches to reinforced-brick shell structures (pp. 571-578). En *Structural Analysis of Historical Construction – Anamnesis, diagnosis, therapy, controls*. Londres: Taylor & Francis Group.
- (5) Vargas, H., Galindo, J. (2015, 3-7 de junio). The Construction of Thin Concrete Shell Rofs in Colombia During the First Half of the 20th Century: The Works of the Guillermo González Zuleta (1916-1995) (pp. 525-534). En *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. III). Chicago: Construction History Society of America.
- (6) Galindo, J., Tolosa, R. (2017, 3-7 de octubre). Cáscaras de hormigón en la arquitectura colombiana del siglo XX: un caso de hibridación y asimilación tecnológica (pp. 635-643). En *Actas del Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción* (vol. I). Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM.
- (7) Rother, H. (1984). *Arquitecto Leopoldo Rother. Vida y obra*. Bogotá: Escala.
- (8) Galindo, J., Vargas, H. (2016). Geometry and Construction at Cartagena de Indias Baseball Stadium's Thin Shell Roofs (Colombia, 1947). *Nexus Network Journal. Architecture and Mathematics*. <http://doi.org/10.1007/s00004-016-0321-9>.
- (9) Goosens, M. (2013). *Inventing bricks in times of concrete: attempts at innovating construction in mid-century Colombia*. Inédito.
- (10) Villazón, R. (2001). Álvaro Ortega: la arquitectura como acto técnico. *Arquitecturas*, 7: 44-45.
- (11) Hitchcock, H.R. (1955). *Latin American Architecture since 1945*. New York: MOMA.
- (12) S.A. (1954). Shell Concrete Today. *Architectural Forum*, 101: 157-166.
- (13) García, R. (2013). Dos décadas de estructuras plegadas de hormigón. Inicio y ocaso de un movimiento. *Informes de la construcción*, 65(529): 27-39.
- (14) Galindo, J., Vargas, H.; Tolosa, R. (2015, 13-17 de octubre). Candela en Cali: seis proyectos de Félix Candela en la ciudad de Cali, Colombia (1958-1961) (pp. 667-679). En *Actas del noveno congreso nacional y primer congreso internacional hispanoamericano de historia de la construcción* (vol. II). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- (15) Plunkett, J., Mueller, C.T. (2015, 3-7 de junio). Thin Concrete Shells at MIT: Kresge Auditorium and The 1954 Conference (pp. 127-136). En: *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. I). Chicago: Construction History Society of America.

* * *